

APPLICATION DES RADIATIONS IONISANTES AUX PRODUITS FRUITIERS

par **P. DUPAIGNE**

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer.

Cet article de P. Dupaigne est le texte d'une conférence prononcée par l'auteur en octobre 1962 à Strasbourg au cours des journées scientifiques sur l'emploi des radioisotopes et des rayonnements ionisants en technologie alimentaire. Cette réunion était organisée par le Centre National de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation, que dirige et anime le Professeur Terroine ().*

Les études générales sur les applications pratiques des radiations ionisantes dans tel ou tel domaine commencent habituellement par quelques définitions et principes sur les vibrations électromagnétiques et les rayonnements corpusculaires, sur l'ionisation produite par certains rayonnements, et plus en rapport avec le matériel envisagé, sur les effets obtenus par les radiations au sein de la matière, minérale ou biologique.

Il est superflu de le faire dans cette enceinte où les physiciens et les biologistes sont nombreux et ne sauraient se contenter d'une présentation schématisée de problèmes aussi complexes.

Par contre, il nous a semblé utile, étant donné que cela n'a pas été fait depuis quelques années, de rapporter ici un ensemble aussi complet que possible des travaux entrepris dans le domaine des fruits et de leurs produits avec l'aide des radiations ionisantes.

Une circulaire des organisateurs de ces journées a rappelé fort opportunément que la bibliographie accompagnant les rapports doit être exhaustive, mais limitée à une période récente, la bibliographie précédente devant être seulement rappelée par un renvoi à des traités ou à des revues. Malheureusement le traité consacré au sujet n'existe pas encore, et les revues pourvues d'une bibliographie abondante sont rares.

En définitive, bien que le procédé ne soit guère apprécié par les lecteurs, nous devons faire référence à nos propres travaux qui datent de 4 ans et ont donné à peu près tous les titres des articles, originaux ou non, qui mentionnaient ou étudiaient l'action des ra-

diations ionisantes sur les fruits (34, 35). Nous ferons seulement une mise au point des travaux parus depuis (1), car en cette matière, relativement nouvelle puisque les premiers résultats ont été publiés il y a une dizaine d'années, les progrès sont rapides ; d'une part les sources de rayons γ et les accélérateurs se sont multipliés, et ceci dans tous les pays, d'autre part l'expérimentation sur les aliments dispose plus facilement des sources, car on se rend mieux compte de l'intérêt du procédé et de la difficulté de son utilisation pratique.

C'est pourquoi une mise au point à intervalles réguliers, en attendant la revue annuelle à date fixe, doit permettre de documenter utilement le technologue des fruits qui désire se tenir au courant des possibilités nouvelles en ce qui concerne la prolongation de la vie des fruits, leur conservation, éventuellement leur amélioration.

Nous envisagerons successivement les articles d'information et revues générales donnant des renseignements sur les fruits, puis les revues d'ensemble consacrées exclusivement aux fruits, en laissant de côté, car cela entraînerait trop loin, les travaux généraux sur la production des radiations et leur emploi dans le traitement des aliments et matières végétales ; cependant le technicien qui se consacrerait à l'irradiation des fruits aurait le plus grand intérêt à prendre connaissance des travaux récents sur les effets des radiations sur les solutions aqueuses pures, sur les cellules végétales, sur les micro-organismes.

(*) Nous remercions le Professeur Terroine d'avoir bien voulu nous permettre de reproduire dans *Fruits* le texte de cette conférence.

(1) A l'exception de quelques articles de 1956 ou 1957 que nous n'avions pu nous procurer.

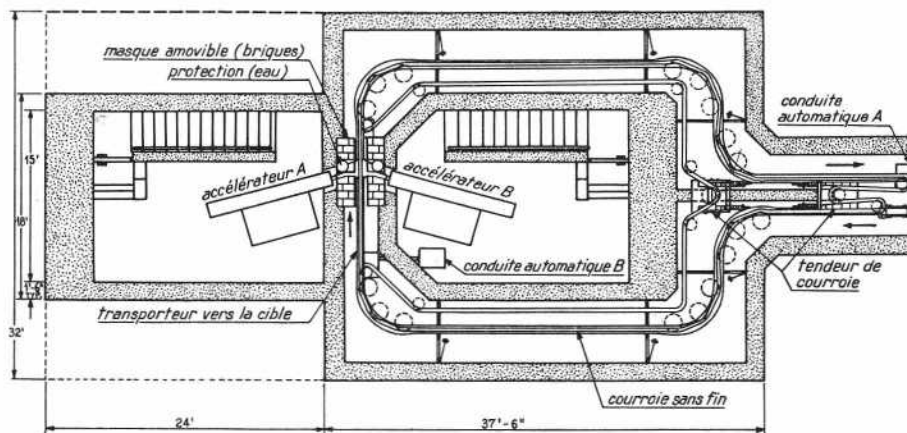


FIGURE 1 - CELLULE D'IRRADIATION POUR DEUX ACCÉLÉRATEURS (BEELEY, RÉF. 13).

Ensuite nous passerons aux travaux originaux qui pour la plupart visent à prolonger la vie des fruits, mais sont aussi orientés vers une meilleure connaissance des effets physiologiques et chimiques des radiations sur les fruits : respiration, consistance, altérations des constituants divers. Quelques expériences, trop rares, sont axées sur les mutations provoquées par les radiations ; enfin des essais assez nombreux ont été entrepris sur les produits obtenus à partir des fruits : jus, boissons, pulpe, tranches, concentrés.

REVUES GÉNÉRALES

1. Ouvrages.

Avant de commencer l'étude des revues d'ensemble, nous devons noter l'apparition en 1960 d'un ouvrage important qui restera sans doute longtemps un livre de base pour la technique de l'irradiation des produits agricoles : il s'agit de *Radiation Technology in Food, Agriculture and Biology*, par DESROSIER et ROSENSTOCK (33).

Après une partie introductive assez brève sur les aspects physiques et la production des radiations, le livre traite en détail des effets connus jusqu'à ce jour sur les solutions pures, les solutions biologiques, la cellule vivante, les tissus végétaux puis animaux, la nature des aliments ; il envisage ensuite les problèmes d'innocuité des aliments traités et leur altération, et termine par des renseignements pratiques sur l'installation des unités de traitement des aliments, leur prix de revient, la protection du personnel.

Dans une brochure importante mais plus ancienne (107) en ce qui concerne les fruits, trois pages leur sont consacrées ; chaque fruit successivement est passé

en revue, selon les travaux cités par des références qui correspondent à la période des premières applications, pour les années 1950-1958 ; des figures devenues classiques sont reprises.

2. *Les articles généraux*, informations dans les revues de technologie alimentaire, revues générales de bibliographie sont très nombreuses et nous avons pu en lire 31 qui mentionnent, avec plus ou moins de détails, les traitements des fruits par irradiation (1). Certains, surtout parmi les anonymes, sont des comptes-rendus de conférences internationales.

D'autres sont des articles d'information donnant le point de vue de l'auteur, en général un spécialiste des radiations ou de la technologie alimentaire (HANNAN (46), BROCHANT (21), NAVELLIER (69, 70), ALLOUF (12), KUPRIANOFF (57)).

Dans leurs articles nombreux, VIDAL et BRUNNELLET (93 à 97) citent en général leurs propres résultats. On doit encore noter l'abondante bibliographie fournie par la revue de PORRETTA (74), et la toute récente communication de METLITSKY (65) au Congrès de Technologie Alimentaire de Londres ; signalons encore la thèse de doctorat vétérinaire de GAILLARD (41) qui passe en revue de nombreux problèmes.

D'une façon générale, on peut remarquer dans ces articles une certaine évolution par rapport aux homologues de la période précédente étudiée dans notre rapport de 1958 : on trouve moins de polémiques, moins de parti pris en faveur ou contre l'irradiation ; les conclusions sont plus nuancées et mieux étayées par les résultats expérimentaux.

(1) En particulier : réf. 1, 5, 6, 7, 8, 9, 30, 32, 44, 45, 50, 51, 60, 61, 75, 82, 83, 88.

3. A cette catégorie de travaux nous devons rattacher les articles à caractère général ou les revues bibliographiques, consacrés exclusivement aux fruits et légumes. Comme c'est exactement notre sujet il faut les examiner en détail :

Le premier, VIDAL (95) a exposé en 1958 à la réunion européenne de la F. A. O. à Harwell l'intérêt de l'irradiation des fruits et légumes, se plaçant dans la conjoncture économique de l'Europe et envisageant le problème de son point de vue d'entrepositaire de fruits, en donnant évidemment son expérience propre sur l'irradiation de ces denrées.

L'année suivante nous trouvons dans une revue spécialisée un article de TRIPP (89) sur la prolongation de la conservation commerciale des fruits et légumes, citant et résumant les travaux de CLARKE en Grande-Bretagne.

Enfin au début de cette année nous avons eu dans une revue italienne un long article de SCARASCIA (80) sur les problèmes scientifiques et technologiques posés par l'irradiation des fruits, dans le but de leur conservation temporaire ; après un exposé introductif sur les radiations ionisantes, l'auteur passe en revue, fruit par fruit, les résultats obtenus par les chercheurs, principalement américains, à partir de 1951, malheureusement les références sont peu nombreuses et presque toutes antérieures à 1959.

A ces articles généraux, on pourrait rattacher une étude de SEIDLER et HARTIG (81) sur la contamination des fruits et légumes par les retombées radioactives, expliquant le mécanisme du transfert des éléments radioactifs dans la plante où ils s'intègrent par le métabolisme habituel.

TRAVAUX ORIGINAUX

Les **travaux originaux** sont, bien entendu, d'importance et d'intérêt très inégaux ; c'est d'ailleurs la raison pour laquelle il convient de les examiner et les classer.

1. Les plus nombreux sont relatifs à des essais ayant pour but de prolonger la période de conservation temporaire des fruits. Après les premiers essais sur les fruits, que ce soit par rayons γ ou par électrons accélérés, on s'était vite rendu compte que les doses élevées de radiations, de l'ordre du Mégarep par exemple, provoquaient de telles altérations secondaires à la surface des fruits ou à l'intérieur de leur pulpe, qu'il devenait illusoire d'essayer de conserver définitivement ces fruits dans un emballage étanche,

comme le fait la stérilisation des conserves par la chaleur, ou la simple pasteurisation des jus et pulpes par un chauffage modéré.

Il n'est pas dit qu'il faille y renoncer définitivement, et nous verrons que des travaux très récents sur les jus de fruits ont obtenu une stabilisation définitive sans modification grave de la saveur ; mais pour les fruits entiers il semble évident que l'on ne pourra pas dépasser 5 à 700 krep, souvent beaucoup moins, sans diminuer gravement leur valeur marchande. Or de telles doses sont bien insuffisantes pour détruire la totalité des germes microbiens (levures, moisissures et surtout bactéries) qui contaminent normalement les fruits frais ; par ailleurs pour inactiver les enzymes responsables du processus de postmaturation, flétrissement et décomposition, il faudrait des doses encore plus fortes.

En définitive, beaucoup de travaux se sont orientés pendant ces dernières années vers ce qu'on appelle d'un terme impropre « radiopasteurisation » des fruits : c'est une irradiation à dose modérée sur toute la surface extérieure des fruits, qui a pour effet de détruire une grande quantité de germes sans pour autant produire d'effets trop marqués sur l'état extérieur et interne des fruits ; lorsque l'équilibre est réalisé, on arrive à retarder de manière sensible le développement de la flore microbienne responsable des attaques localisées ou généralisées, de sorte que, pratiquement, le fruit peut se conserver et se commercialiser pendant une période plus longue que lorsqu'il n'a pas été irradié.

Le terme radiopasteurisation a été adopté par analogie avec la pasteurisation des produits laitiers, qui n'est qu'une stabilisation très provisoire, et non avec la pasteurisation des jus de fruits qui est souvent une stabilisation définitive.

Bien entendu l'augmentation de la durée pratique de conservation des fruits frais est très variable suivant le fruit, la dose reçue, le genre des rayonnements (les rayons γ sont beaucoup plus pénétrants que les rayons corpusculaires), l'état de contamination, la maturité, le procédé habituel de conservation ; selon VIDAL (98), l'irradiation γ à quelques centaines de krep multiplie par 3 à 5 la durée de conservation commerciale en chambres froides ; par ailleurs, si elle ralentit les altérations avant maturité des fruits, on observe parfois une accélération des processus de dégradation si elle s'applique à des fruits déjà mûrs.

A la lecture des travaux récents sur la prolongation de la durée de conservation des fruits au moyen des radiations ionisantes, on doit constater que les auteurs exposent avec objectivité le résultat pratique de leurs essais. Ainsi en 1958 MIKAELSEN, BRENNAN et LAND-

FALL (66) ont pu prolonger la vie des bananes entreposées, mais en provoquant un tel noircissement de la peau qu'elles étaient invendables. Au contraire des fraises inoculées avec du *Bothrytis* et soumises à l'Université de Californie à une irradiation de 100 krep se sont conservés 15 jours au froid sans altération, alors que les témoins étaient complètement moisissus (3).

À l'Université de l'Utah, on étudie depuis plusieurs années les fruits et légumes (73 A, 77, 78, 79) et si les poires vertes ont donné satisfaction avec une dose de 250 krad, les poires mûres, les tomates et les fraises ont été jugées trop sensibles aux radiations ; pour aider l'action de celles-ci sur les moisissures, certains additifs comme l'acide sorbique sont à conseiller. Selon THOMPSON (87) qui lui aussi a traité des fraises à 250 krad et a essayé des antifongiques, la simple irradiation est préférable à l'emploi d'une solution à 0,5 p. cent d'acide déhydroacétique.

La fraise qui est évidemment un matériau de choix a fait l'objet d'études similaires au Centre Britannique de WANTAGE et CLARKE, avec l'équipe de Technologie des Radiations a publié depuis 1959 une série de rapports (25 à 28) établissant les doses optimales, toujours comprises entre 200 et 400 krad, montrant la réduction du pourcentage de pertes par moisissure, déterminant quelques facteurs d'altération interne du fruit aux fortes doses.

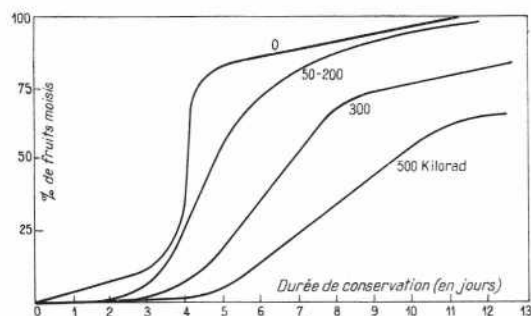


FIGURE 2 - PROLONGATION DE LA DURÉE DE CONSERVATION DES FRAISES EN FONCTION DE L'IRRADIATION (De Zeeuw, 1961).

En France BRUNNELET et VIDAL (23, 24) ont obtenu avec des doses convenables de rayons γ des prolongations importantes de durée de conservation commerciale, pour toutes sortes de fruits et légumes ; les fruits mûrs résistent mal à plus de 300 krad, par contre des tomates vertes peuvent supporter 750 krad, ce qui d'ailleurs retarde leur maturation physiologique.

L'emploi de sachets en polyéthylène perforé ou non permet de diminuer les recontaminations ; les abricots, fraises et cerises traités à 200 krad conservent toutes leurs qualités, par contre les framboises commencent à ramollir à partir de 150 krad ; pour les pêches de plu-

sieurs variétés on a pu doubler la durée de conservation, parfois quadrupler en utilisant des enveloppes perforées ; mais on a constaté des brunissements internes dus à l'irradiation.

Pour les tomates vertes, traitées jusqu'à 500 krad, des constatations voisines ont été faites deux ans après par DE ZEEUW (101) : ces fruits supportent des doses relativement élevées et se comportent différemment des tomates mûres irradiées. BRUNNELET et VIDAL (23, 24) ont pu les conserver au froid pendant 1 mois 1/2, alors que les témoins pourrissaient le 12^e jour ; l'emploi de sachets de polyéthylène ne semble pas favorable, sans doute parce que l'échange gazeux est perturbé, mais il conviendrait de pousser plus loin l'expérience.

Les travaux américains n'ont évidemment pas manqué, mais ils ne sont plus, comme dans la période précédente, en énorme majorité (4, 11, 20, 71, 73, 100). Nous avons cité l'équipe de SALUNKHE à l'Université de l'Utah ; ce sont évidemment les contrats de recherches avec l'Intendance américaine qui ont permis les travaux les plus complexes.

Ceux de l'équipe de BERAHA (14 à 17), du Ministère de l'Agriculture, en collaboration avec l'Institut des Aliments et Emballages de l'Intendance, ont essayé d'aller plus loin que de simples expériences empiriques de prolongation de vie des fruits ; ils portent sur plusieurs cultures de moisissures diverses sur des fraises, raisins et pommes après d'autres essais sur pêches, citrons et oranges, et on démontre que la radiosensibilité des micro-organismes est différente suivant l'état de leur croissance ; ainsi il suffit de 200 krep pour empêcher le développement du *Bothrytis* inoculé depuis 4 jours sur le raisin, mais si l'inoculation a été faite 10 jours avant il faut 500 krep. Ceci explique sans doute la disparité des résultats constatés selon les auteurs ; de plus les souches ne sont jamais les mêmes, enfin les substrats jouent un grand rôle dans la reprise du développement des moisissures.

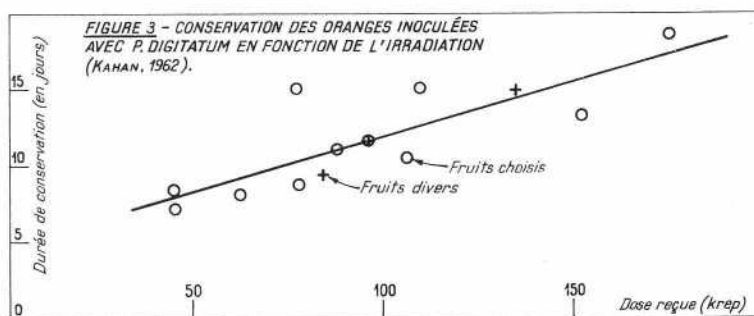
Mais il faut quitter les fruits courants puisque nous avons appris que MATHUR et LEWIS (64) ont étudié le comportement en chambres de conservation des mangues irradiées (1) ; nous savons que les essais de traitement des ananas au Centre Lyonnais ne sont pas faciles, car les fruits sont gros et les infections cachées dans les dépressions profondes de l'écorce : un résultat intéressant est qu'on peut obtenir le ramollissement du cylindre central, normalement fibreux et non comestible.

(1) Ainsi que HATTON (121) en Floride.

En Israël, c'est KAHAN (54) qui s'est chargé, avec une source malheureusement un peu faible, des essais de désinfection de surface des oranges ; l'expérience a porté sur des fruits déjà mûrs, après une conservation au froid de plusieurs mois ; il a effectué aussi des irradiations à 150-200 krep de cultures pures de *P. digitatum*, *P. italensis*, *Diploidia* et *Alternaria* et obtenu des mutations.

2. Travaux sur les transformations induites par les radiations ionisantes dans les fruits.

Bien entendu nous trouvons dans les travaux cités précédemment des résultats de mesures de respiration, des dosages de Vit. C, des mesures de changements de couleur qui entrent aussi dans cette catégorie. Nous allons donc n'examiner ici que ceux qui ne sont pas déjà cités.



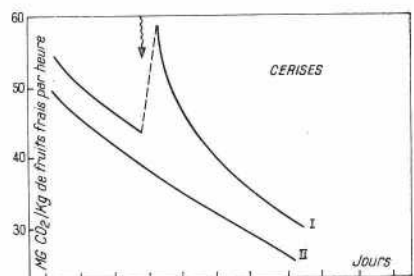
En Italie, TAMBURINO (145) a traité aussi des oranges inoculées de moisissures.

Avant de quitter ce chapitre de la prolongation de la vie commerciale des fruits, on peut rappeler que l'on arrive au même but avec les pommes de terre et les bulbes non en détruisant les germes de pourriture, mais en empêchant la germination naturelle du végétal par une faible irradiation.

Or pour les châtaignes le problème est le même : pour les conserver longtemps, il faut éviter le processus de germination et de maturation. Des travaux antérieurs, en particulier ceux de VIDAL à Lyon avaient montré que les radiations pouvaient obtenir ce résultat. Cette fois ce sont des Japonais IWATA et OGATA (52) qui ont étudié les doses les plus convenables pour empêcher la germination des châtaignes des variétés orientales sans faciliter la pourriture qui se produit lorsque les tissus sont lésés par les radiations ; 12 000 à 20 000 rad. sont nécessaires, doses nettement plus élevées que celles utilisées pour les tubercules.

Dans un autre ordre d'idées, il faut noter les résultats de FIELDS, AMMERMAN et DESROSIER (39) sur le pouvoir stimulant de certaines doses de radiations sur les moisissures ; on savait déjà que, contrairement à ce qu'on pourrait attendre, certains fruits moisissaient *plus vite* après une irradiation : cela peut être dû à une nécrose ou un ramollissement des tissus, mais c'est parfois un résultat de la stimulation des moisissures : aussi convient-il d'opérer en pleine connaissance de ces diverses éventualités.

Sur l'intensité respiratoire des pommes, SMOCK et SPARROW (84) n'ont pas obtenu de fortes variations avec différentes doses de rayons γ (1), mais un ramollissement net de la pulpe et en ont conclu que l'irradiation n'a pas d'intérêt.



En 1961 l'équipe de ROMANI (76) à l'Université de Californie a apporté une contribution notable à la connaissance de l'effet des radiations de 60 Co sur la physiologie des poires, cerises et fraises dans le but de prolonger leur durée pratique de conservation.

Après avoir établi les courbes isodoses des zones irradiées et montré que, pendant la faible durée de l'opération, ni la température, ni la composition de l'atmosphère ne variaient sensiblement. ROMANI a mesuré l'intensité respiratoire et effectué des analyses de protéines, acides aminés et vitamines.

(1) Résultat contredit par Wolf (157).

L'irradiation à 250 krad a des effets très différents suivant la maturité ; au stade préclimactérique la respiration s'accroît brusquement, puis décroît et rejoint ensuite le maximum climactérique ; à ce dernier stade elle ne change pratiquement pas. Peu de modifications de texture ou de composition sont à signaler ; ce n'est qu'à la dose de 500 krad que les fraises perdent le tiers de leur acide ascorbique.

La fraise, la framboise, la prune et la tomate ont été étudiées par DE ZEEUW (101) à Wageningen, cette fois au moyen d'un accélérateur de 1 Mev ; pour la fraise ce n'est qu'à partir de la dose de 500 krad de rayons β , comme dans le travail précédent avec les rayons γ , qu'une diminution de la richesse en vit. C. a été constatée. Les prunes s'accommodent d'une telle dose, et le pourcentage de fruits moisies est passé de 81 à 14 par l'action des rayonnements ; pour les framboises on peut monter jusqu'à 700 krad avec de bons résultats.

Quant aux tomates, elles se comportent différemment selon leur maturité ; irradiées vertes, elles dégagent alors beaucoup de gaz carbonique alors qu'à maturité le dégagement reste normal : en somme les mêmes effets que ceux constatés par ROMANI sur la poire.

Sur les différences de consistance constatées après irradiation, le même auteur n'indique qu'une légère amélioration pour les fraises et les petits fruits ; pourtant CLARKE (26) avait noté que la viscosité du jus des fraises traitées était plus faible, indiquant une solubilisation des pectines, et les travaux précédents de KERTESZ avaient établi que les radiations diminuent le pouvoir gélifiant des pectines.

3. *Les travaux sur certains constituants des fruits* sont en général épars dans les recherches plus générales sur la conservation ou la physiologie des fruits ; parfois cependant on a tenté d'isoler le constituant et d'opérer sur des solutions pures.

Acide ascorbique. — Cet acide, ou Vitamine C, est souvent pris comme test et dosé, car sa disparition progressive est liée aux autres altérations ; ROMANI, CLARKE cités plus haut, EGIAROV en U. R. S. S. (36) l'ont constaté, OBARA (72) a montré une perte de 33 p. cent dans le jus d'orange irradié. Il est certain que les radiations ionisantes ont un effet destructeur sur ce composé, comme d'ailleurs la lumière, la chaleur, etc. et que cette destruction est proportionnelle à la dose de radiations, mais à partir de doses relativement élevées qui ont déjà provoqué d'autres altérations de composition parfois perceptibles au goût. Aussi est-il permis de supposer que la destruction de l'acide ascorbique est bien induite par les radiations

mais indirectement, par réaction chimique avec des produits de décomposition, peut-être de l'oxygène ou de l'eau oxygénée libérée.

M^{lle} LE CLERC doit nous dire au cours de ces réunions que la Vitamine C paraît s'oxyder facilement dans l'oignon et la pomme de terre irradiés même à faible dose, alors qu'elle est stable dans les jus de cerise et cassis ; mais on sait qu'il en est de même pour la chaleur ou l'oxydation, car certains jus de fruits riches en acide ascorbique possèdent un système protecteur de la Vitamine C que l'on ne sait pas reproduire dans les boissons synthétiques. D'ailleurs, bien que l'extrapolation n'ait pas été faite pour les fruits, COLEBY (29) a montré que les rayons X, les rayons γ et les rayons cathodiques pouvaient transformer in vitro les glucono, gulono et galactono — γ — lactone en acide ascorbique ; or ces composés peuvent provenir de l'irradiation du glucose qui fournit de l'acide glucuronique, lequel se réduit en acide gulonique : il semble qu'il y ait là une voie nouvelle pour l'enrichissement en Vitamine C des aliments sucrés. Cela expliquerait aussi qu'une perte importante en Vitamine C n'est constatée que lorsque l'altération est déjà profonde. D'ailleurs il est acquis que les parties insolées des fruits sont presque toujours les plus riches en Vitamine C, et il est probable que l'action de la lumière et celle des radiations à plus courte longueur d'onde agissent dans le même sens.

Colorants naturels. — Bien qu'il soit logique de penser que les radiations, ionisantes ou non, interviennent dans la formation lente des colorants naturels des fruits, on n'a observé que des destructions, plus ou moins profondes, lorsque les fruits ou des solutions pures sont exposés aux radiations ionisantes (comme d'ailleurs à la lumière intense).

Certains auteurs russes : EGIAROV (36) pour les caroténoïdes, FROUMKINE (40) pour les anthocyanes ont constaté cet affaiblissement de la couleur des fruits ; dans la pomme et la cerise il y a apparition d'aglycone libre coloré, par décomposition de glucosides. Des chercheurs Américains MCKINNEY (56) pour les caroténoïdes et MARKAKIS (62) pour les anthocyanes ont poussé l'étude sur le plan pratique ; en particulier le dernier auteur a fait la différence entre l'action des rayons cathodiques et celle des rayons γ , ce qui est assez rare : sur du jus de fraises la même dose de 465 krad de rayons cathodiques ou de rayons γ détruit respectivement 55 et 63 p. cent du pigment.

Acides, protéines : Dans un travail récent, FERNANDES et CLARKE (38) ont montré que la pomme irra-

diée, maintenue à 2° C, perd rapidement son acidité ; des dosages successifs par chromatographie de chaque acide important ont prouvé que c'est la disparition de l'acide malique qui est à l'origine de cette perte d'acidité ; pour l'expliquer, l'hypothèse est avancée que la consommation naturelle de l'acide malique par le métabolisme de la maturation se trouve facilitée par une augmentation de la perméabilité des cellules.

Les mêmes auteurs avaient formulé cette supposition dans une note de l'année dernière (27) sur l'évolution des protéines dans les pommes et les poires irradiées.

Hydrates de carbone. — Le spécialiste des pectines, KERTESZ (55) continue à s'intéresser aux effets des radiations sur les solutions pectiques et sur la consistance des fruits pectiques, ainsi que sur l'amidon et l'amylopectine.

Deux recherches américaines sur un sujet voisin ont été publiées la même année : l'une d'un Institut de recherches de l'Alabama sur le brunissement des solutions sucrées par l'irradiation (59), l'autre de l'Université des Massachusetts (68), sur le brunissement par l'irradiation des mélanges sucres-acides organiques, ainsi que des sucres naturels contenant ces mélanges et exprimés des fruits. Contrairement au chauffage qui produit de l'hydroxyméthylfurfural, les rayons γ le détruisent ; l'intensité du brunissement est proportionnelle à la dose reçue. Les produits de décomposition des sucres par les radiations sont des réductones, indiquant une déshydrogénation, alors que le furfural que donne la chaleur indique une déshydratation.

Peut-être une meilleure connaissance du processus de brunissement des produits fruitiers par les radiations permettra-t-elle d'y parer efficacement.

4. Amélioration des espèces. — Il est sans doute trop tôt pour se prononcer sur les résultats des essais de mutations artificielles induites par les radiations sur les arbres fruitiers.

Au 10^e Congrès de Génétique à Montréal, en 1958, deux communications présentaient un certain intérêt.

Celle de BISHOP (18) rapporte que sur 13 000 scions dormants de pommier traités par radiations ionisantes et greffés sur branches de pommier, un certain nombre ont donné des feuilles, tiges et fruits anormaux dont le caractère anormal se répète ; en somme l'irradiation est une méthode comme une autre à utiliser en génétique pour obtenir des mutations.

La communication de HOUGH et WEAVER (49) est plus optimiste ; certains pêchers plantés dans la zone d'irradiation de Brookhaven ont donné des mutants

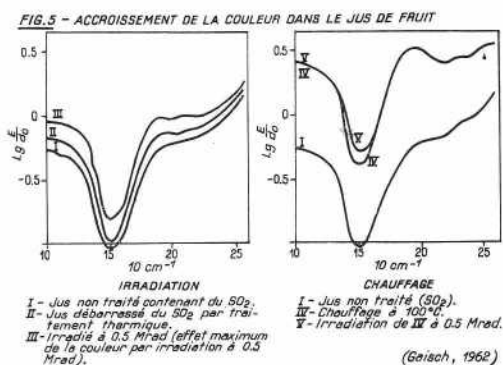
dont l'exploitation se révèle avantageuse : fruits plus précoces, pulpe plus ferme, noyau plus facile à détacher.

Par ailleurs de jeunes plants obtenus à partir de fleurs fécondées par du pollen irradié à faible dose se sont montrés beaucoup plus robustes et précoces que les témoins.

Mais là nous quittons le domaine de la technologie pour celui de la génétique, où ces questions connaissent sans doute un tout autre développement pour les céréales et les cultures annuelles.

5. Revenons à la technologie pour aborder les produits courants donnés par les fruits, et en particulier des jus de fruits qui avaient fait l'objet de notre mise au point en 1959 (35).

Une information anonyme légèrement antérieure (7) cite les jus de prune et de raisin, et ZIEMBA (103) décrit avec exemples à l'appui les services que peuvent rendre les isotopes radioactifs dans une usine de produits alimentaire : ils ne sont pas utilisés pour détruire ou transformer le matériel biologique, mais simplement



comme détecteurs ; ainsi on mesure et corrige automatiquement la densité des concentrés de raisin et de pomme, on connaît le niveau du jus de pomme dans les citernes de conservation sans avoir à installer de tube de niveau ou robinets de prise d'échantillon, sources habituelles de contamination.

Les essais de stabilisation biologique des jus de fruits ne sont pas très nombreux.

ZELENIN (102) en U. R. S. S. a pu conserver du jus de pomme en flacons et en boîtes pendant 3 mois après une irradiation de 1,5 Mrep, dose forte mais qui paraît-il était encore utilisable ; nous avons signalé des essais japonais sur le jus d'orange (72) ; pour pouvoir réduire la dose nécessaire pour la stabilisation des jus de fruits, VAS et FARKAS (91) ont proposé de les appauvrir auparavant par échange d'ions : nous désapprou-

vons cette méthode et nos essais ont montré que l'on affaiblit toujours par ce procédé la couleur et l'arôme des jus de fruits.

Les mêmes auteurs (37) ont cependant étudié par la suite l'altération de la couleur des jus de cassis et de pomme, constatant une décoloration des premiers et un brunissement général ; de même le jus de cassis supporte mal une dose dépassant 600 krad, mais l'altération particulière s'atténue par un séjour au froid. Pour les jus de pomme les effets sont moins graves et la conservation peut être assurée.

Dans les milieux s'intéressant aux jus de fruits, on sait qu'un programme complet a été établi par le groupe d'études des radiations de l'O. C. D. E. réuni à Paris en 1961, et confié au Centre Atomique de Seibersdorf en Autriche. Les premiers résultats publiés concernent le jus de raisin et sa stabilisation définitive (42, 43) : c'est donc là plus qu'une radiopasteurisation ; en effet il a été établi, que le jus de raisin rouge ou blanc, congelé en ampoules scellées, pouvait supporter sans altération de goût jusqu'à 2 Mrep, dose suffisante pour stériliser le milieu. Divers essais ont été réalisés pour réduire les effets de l'oxydation, et la mesure du spectre de la coloration du jus de raisin rouge a montré que le brunissement provoqué par une forte irradiation était le même que celui d'un chauffage prolongé. La conclusion de ces essais est optimiste, si l'on ne tient pas compte des prix de revient.

En ce qui concerne d'autres produits avec les fruits, nous avons omis en 1958 d'analyser le rapport final de MILNER en 1956 pour l'intendance américaine (61). C'est un travail important et complexe sur la stabilisation par les radiations des tranches de pommes des-

tinées à la pâtisserie. Malgré divers artifices et additions, le traitement à 1 ou 1,5 Mrep nécessaire n'a pas toujours donné de résultats utilisables à cause des effets secondaires sur la saveur et l'apparence.

SOUTHCOTT (86) a traité de la pulpe de cassis en 1959, et VILLAREAL (99) de la purée de tomate en 1961. Enfin nous avons cité NAIK-KURADE des Massachusetts (68) qui a traité de la purée de pomme et observé son brunissement.

CONCLUSION

Que peut-on conclure de toutes ces informations, d'intérêt inégal et parfois contradictoires ?

En premier lieu que les fruits continuent à faire l'objet de travaux nombreux et que les radiations ionisantes suscitent toujours autant d'intérêt dans les milieux spécialisés du commerce, de la conservation et de la transformation des fruits.

En second lieu que trop d'essais encore sont empiriques, faute de connaissances scientifiques de base sur les effets des radiations sur la physiologie, la biochimie, le métabolisme des fruits vivants ainsi que sur les processus d'altération puis de dégradation des fruits par les radiations.

Ce sont ces travaux de recherche pure, sans but pratique immédiate, que nous espérons voir se multiplier au cours des années prochaines, car le nombre des sources de radiations γ et des accélérateurs mis à la disposition des laboratoires de biologie végétale est en augmentation ; par la suite la mise au point de l'emploi pratique des radiations en sera facilitée avec les meilleures chances de succès.

RÉFÉRENCES

1. ANON. L'énergie atomique et l'industrie alimentaire, *Ind. Chim.* 1956, 43, 463, 69-70.
2. ANON. L'irradiation et la conservation des aliments, Min. Agric. Dir. du Génie Rural, *Sect. Techn. Ind.*, 1957, n° 2.
3. ANON. Irradiation halts Bothrytis mould in strawberries, *Food*, 1958, 27, 318, 110.
4. ANON. Radioactive technique determines tomato picking time, *Food Eng.*, 1958, 30, 7, 14.
5. ANON. Troops test irradiated foods, *Quick Frozen Foods*, 1958, 21, 3, 126-133.
6. ANON. Applications des Sciences atomiques dans l'agriculture et l'alimentation, *Agence Europ. Productivité, OECE*, 1958, Projet 396.
7. ANON. La radiopasteurisation, *Documentez-vous*, 1958, 20, 93, 28-29.
8. ANON. Ionizing radiations for food preservation, *Food*, 1959, 28, 19-21.
9. ANON. Compte Rendu de la Réunion Européenne de Harwell, *Comité de Liaison Technique, F. I. A.*, 1959, 8 p.
10. ANON. Use of ionizing radiation for food presentation, *Chem. and Ind.*, 1959, 285-288.
11. ANON. Radiation preservation of selected fruits and vegetables, *U. S. At. En. Com. Contr. No AT (04-3)* 115, SRIA 30-1961.
12. ALLOUF R. Les radiations ionisantes et la stérilisation des aliments, *Ann. Nutrit. Alim.*, 1957, 11, 1, 1-13.
13. BEELEY R. J. Radiation processing of food, *Nuclear Sci. Eng.* 1958, 3, 6, 660-693.
14. BERAHA L., RAMSAY G. B., SMITH M. A., WRIGHT W. R. Use of radiation to control decay of lemons and oranges, *Phytopathol.*, 1959, 49, 2, 91.
15. BERAHA L. Factors influencing the use of γ radiation to control decay of lemons and oranges, *USDA. Agr. Marks Reprint*, 1959.
16. BERAHA L., RAMSEY G. B., SMITH M. A., WRIGHT W. R. Effect

- of γ radiation on brown rot and *Rhizopus* rot of peaches, *Phytopathol.*, 1959, 49, 6, 354-356.
17. BERAHA L., RAMSEY G. B., SMITH M. A., WRIGHT W. R. HEILGMANN. γ radiation in the control of decay in strawberries, grapes and apples, *Food Techn.*, 1961, 15, 2, 94-98.
 18. BISHOP C. J. Radiation induced morphological changes and fruit color mutations in the apple, *C. R. X^e Congr. Int. Génét.*, 1958, p. 26.
 19. BOX J. A., LANGERAK D. I. Preliminary experiments on radiation preservation of fresh soft fruits. *Kernenergie in de Landbouw*, 1960, 1, 16.
 20. MCBRIAN R. Use of ionizing radiations to preserve fruits and vegetables, AD — 251.636 — 1959.
 21. BROCHANT M. L'utilisation des radiations ionisantes dans l'industrie des denrées alimentaires, *R. T. I. A.*, 1958, 6, 50, 36-39.
 22. BRODY A. L. Evaluation of shelf life of irradiated foods, *Q. M. F. C. I.*, 1958, Rep. S 718/8.
 23. BRUNNELET L., VIDAL P. Irradiation γ des fruits en vue de l'accroissement de leur durée de conservation au froid, *Congr. Int. Froid*, 1959, Copenhague.
 24. BRUNNELET L., VIDAL P. Utilisation des rayonnements ionisants pour la conservation des denrées alimentaires, *Cah. Ing. Agro.*, 1960, 142, 9-14; 1960, 143, 29-33.
 25. CLARKE I. D. Possible applications of ionizing radiations in the fruit, vegetable and related industries, *J. Appl. Rad. Isotopes*, 1959, 6, 175-181.
 26. CLARKE I. D. Some chemical and physiological changes induced in fruits by ionizing radiations, *Proc. 9 Int. Congr. Bot.*, 1959.
 27. CLARKE I. D., FERNANDES S. J. Effect of γ radiation on the proteins content of apples and pears, *Int. J. Appl. Rad. Isotopes*, 1961, 11, 186-189.
 28. CLARKE I. D. Some effects of γ radiations on the texture and pectic substances in apples, *Ist. Int. Congr. Food Sci. Technol.*, 1962, London.
 29. COLEBY B. Formation of ascorbic acid by ionizing radiations, *Chem. and Ind.*, 1957, 111-112.
 30. COLEBY B., HORNE T., INGRAM M., JEFFERSON S. Radiation processing of foods in Britain, *Nucleonics*, 1958, 16, 11, 188-197.
 31. CRNCEVIC V. Effect of radiation on chemical and physical composition of apple, *Arch. Poljopr. Nauk*, 1961, 14, 46, 18.
 32. DESCHREIDER A. R. La recherche européenne dans le domaine de la conservation des aliments par les radiations, *Vita*, 1958, 15, 1003.
 33. DESROSIER N. W., ROSENSTOCK M. M. Radiation technology in food, agriculture and biology, *Avi Pub. Co.*, 1960, 418 p.
 34. DUPAIGNE P. Le traitement des fruits par les radiations ionisantes, *Aldocatom*, 21958, 2, 9, 7-27. *Fruits*, 1958, 13, 7, 269-380.
 35. DUPAIGNE P. Action des radiations ionisantes sur les jus de fruits, *C. R. V^e Congr. Int. Jus Fruits*, 1959, 75-83.
 36. EGIAZAROV, G. M. After effect of ionizing radiations on Vit C and carotene content, *Voprosy Pitaniya*, 1958, 17, 5, 9. *C. A.*, 53, 19 189 f.
 37. FARKAS J., VAS K., KISS I. Über die Wirkung ionisierender Strahlen auf Farbe und Geschmack von einigen Fruchtsäften, *Fruchtsaft Ind.*, 1961, 6, 9, 350-356.
 38. FERNANDES S. J., CLARKE I. D. Effect of ionizing radiation on the acid metabolism of apples, *J. Sci. Food Agr.* 1962, 13, 1, 23-28.
 39. FIELDS M. L., AMMERMAN G. R., DESROSIER N. W. Studies on the growth of *A. orizae* in irradiated compounds of foods, *Food Technol.*, 1960, 14, 8, 407-409.
 40. FROUMKINE M. L., KOVALSKAYA L. P., DOROFYEVA E. V. Les anthocyanes des fruits pendant la stérilisation par la chaleur et les rayons γ . *Kons. Ovotch. Prom.*, 1961, 16, 5, 8-12.
 41. GAILLARD G. Les rayonnements ionisants et leur application à la conservation des denrées alimentaires, *Thèse Doct. Vétér.*, 1960, 83 p.
 42. GAISCH H., KAINDL K. Irradiation des jus de fruits, *Irrad. Alim.*, 1962, 2, 3, 8-11.
 43. GAISCH H., KAINDL K., WEIDINGER N. The control of quality changes in irradiated fruit juices., *Ist. Int. Congr. Food Sci. Technol.*, 1962, London.
 44. GERMON G. D. Ray pasteurizing of produce will come first, *Food Eng.*, 1959, 31, 5, 42-44.
 45. GIRARD, RAMEL. Application des radiations à la stérilisation ou à la conservation dans les industries alimentaires et pharmaceutiques, *Rev. Corps Santé Arm.*, 1960, 1, 3, 369-399.
 46. HANNAN R. S., COLEBY B. The food scientist looks at radiation, *Nuclear Power J.*, 1957, 2, 8, 1-5.
 47. HANSEN E., GRUNEWALD T. Le traitement des poires aux rayons X et aux rayons cathodiques, *Atompraxis*, 1961, 7, 213.
 48. HORUBALA A., PIJANOWSKI E. Effet des doses modérées de radiations γ sur la qualité des myrtilles, *Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. sci. Biol.*, 1961, 9, 167.
 49. HOUGH L. F., WEAVER G. M. Irradiation as an aid in fruit variety improvement. *C-R. X^e Congrès Int. Génét.*, 1958, p. 124, Montreal.
 50. HUBER W., KLEIN A. S. Cuts food radiation cost, *Food Eng.*, 1960, 32, 1, 78-80.
 51. INGRAM M., RHODES D. N. Progress in food irradiation, *Food Manuf.*, 1962, 37, 7, 318-337.
 52. IWATA T., OGATA K., Studies on the storage of chestnuts treated with γ radiations. *Bull. Insti. Chem. Res. Kyoto*, 1961, 39, 2, 112.
 53. JENSEN M. Irradiation of berryfruit with reference to their industrial utilization, *Risø Rep.*, 1960, n° 16, 77-79.
 54. KAHAN R. S. Prolongation de la conservation des oranges inoculées de *P. digitatum*, *Communic. personnelle*, 1962, juil.
 55. KERTESZ Z. I., SCHULZ E. R., FOX G., GILBSON M. Effect of ionizing radiation on plant tissues, *Food Res.*, 24, 6, 609-617.
 56. MCKINNEY G. Effect of ionizing radiation on carotenoid stability, *P. B. Rep. 135350, U. S. Gov. Rep.*, 1959, 31, 26. *C. A.*, 1960, 54, 13484 i.
 57. KUPRIANOFF. J. L'application des radiations ionisantes à la conservation des aliments, *Ind. Alim. Agr.*, 1960, 77, 12, 876-884.
 58. LIBERMANN A. N. Effects of γ rays on ascorbic acid, *Voprosy Pitaniya*, 1959, 18, 3, 94. *C. A.*, 1959, 53, 21074 i.
 59. LIGGETT R. W., FLASEL C. E., ELLENBERG J. Y. Browning reaction initiated by γ radiation, *J. Agr. Food Chem.*, 1959, 7, 4, 277-280.
 60. LUCK M., KOHN R. Strahleneinwirkung aus Lebensmittel, *Ind Obst. u. Gemüseverw.*, 1960, 45, 1, 2-7.
 61. MANIL P. Radiostérilisation et radiopasteurisation des aliments, *Bull. Inst. Agr. Gembloux*, 1960, 11, 808-820.
 62. MARKAKIS P., LIVINGSTON G. E., FAGERSON I. S., Effect of cathode rays and γ -rays irradiation on the anthocyan pigment of strawberry, *Food Res.*, 1959, 24, 5, 520-528.
 63. MARTIN D. C. Extension of storage life of fresh fruits by ionizing radiation, A. D. 228092-228093. *Contract Q. M. R. E.*, 1961, n° 87 — Natikc.
 64. MATHUR P. B., LEWIS N. F. Storage behaviour of γ -irradiated mangoes, *Int. J. Appl. Rad. isotop.*, 1961, 11, 43.
 65. METLITSKY L. V. Biochemical fundamentals for applying ionizing radiations in lengthening the preservation period of potatoes, vegetables and fruits, *Ist Int. Congr. Food Sci. Technol.*, 1962, Londres.
 66. MIKAELSEN K. Improved storage qualities of potatoes, vegetable and fruits exposed to γ radiation. *Proc. 2 Int. Conf. Geneva*, 1958, 27, 401.
 67. MILNER R. T. Studies on radiation sterilization of sliced apples. *Q. M. F. C. I.*, 1956, PB 121962, 77 p.
 68. NAIK-KURADE A. G., LIVINGSTON G. E., FRANCIS F. J., FAGERSON I. S. Effect of cathode ray and γ ray irradiation on some organic acid-carbohydrate systems. *Food Res.*, 1959, 24, 6, 618-632.

69. NAVELLIER P. La préservation des aliments par les radiations ionisantes. *Ann. Fals. Fraud.*, 1959, 52, 603, 102-120.
70. NAVELLIER P. Le problème du traitement des aliments par les radiations ionisantes, *Mises au Point Chim. Anal.*, 9^e Série, 1961, 155-179.
71. NELSON K. E. Use of ionizing radiations to control *Bothrytis* rot in table grape and strawberries. *Phytopathol.*, 1959, 49, 8, 475.
72. OBARA T., SHIMOTSURA A., SHIMAZU F., WATANABE W. Preservation of vegetable foods with radioactive rays, *Radio isotopes*, 1958, 7, 2, 127.
73. PHILIPS W. R., MCQUEEN K. F., POAPTS P. A. Effect of irradiation on the development of storage disorders of apples, *Conf. Inst. Int. Refrig.*, Copenhagen, 1959.
- 73 A. PIERSON N. W., WILCOX E. B., SALUNKHE D. K. Radiation preservation of fruits, *Utah Science* 23, 1, 14-15-1962.
74. PORRETTA A. L'impiego delle radiazioni ionizzanti per la conservazione degli alimenti, *Comit. Naz. Ric. Nucl.*, 1960, CNB-19, 142 p.
75. POWERS P. N. L'utilisation des radiations pour la conservation des aliments, *Ind. Atom.*, 1957, 5, 55-57.
76. ROMANI R. J., VAN KOOT J., ROBINSON B. J. Irradiation γ des fruits ; études physiologiques préliminaires. *Irrad. Alim.*, 1961, 2, 11-13.
77. SALUNKHE D. K. Radiation pasteurization of fresh fruits and vegetables, *Q. M. F. C. I., Res. Rep. S.*, 1958, 545.
78. SALUNKHE D. K., POLLARD L. M., GERBER R. K. Effect of γ radiation on the taste preference and storage life of fruits and vegetables and their products, *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1959, 74, 414-420.
79. SALUNKHE D. K. γ radiation effects on fruits and vegetables, *Econ. Bot.*, 1961, 15, 28.
80. SCARASCIA T. Problemi scientifici e tecnologici dell'utilizzazione delle radiazioni ionizzanti per la conservazione della frutta, *Ind. Conserve*, 1962, 2, 118-126.
81. SEIDLER H., HARTIG M. Die radioaktive Versuchung von Obst und Gemüse, *Ernährungsj.*, 1961, 6, 5, 596-600.
82. SHEA K. G. Food preservation by radiation as for 1958. *Food Technol.*, 1958, 12, 8, 6-16.
83. SHEA K. G. The european food irradiation program. *Food Technol.*, 1962, 16, 6, 20-21.
84. SMOCK R. M., SPARROW A. H. Studies of the effect of γ radiation on apples, *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 1957, 70, 67-69.
85. SOSA-BOURDOUIL C., SOSA A., BONET-MAURY P. Action des rayons γ sur l'activité de synthèse et le transfert β -glucosidique de l'émulsine des amandes, *C. R. Acad. Sci.*, 1958, 246, 13, 2065-2067.
86. SOUTHCOTT A. F., AYRES A. D. Examination of the effects of irradiation on whole blackcurrants and pulp, *Beecham Foods Ltd, Prod. Res. Div.*, 1959, Rep. 52. Coleford.
87. THOMPSON B. D. Post harvest treatments of strawberries and radishes with 60 Co irradiation, *Proc. Fla. Sta. Hort. Sci.*, 1960, 72, 114-123.
88. TOROK G. La stérilisation des aliments, *Ind. Agr. Alim.*, 1962, 79, 6, 517-528.
89. TRIPP G. Fresh fruits and vegetables, *Int. J. of Appl. Rad. Isot.*, 1959, 6, 182.
90. TRULSEN T. A. Irradiation of fresh fruits and vegetable with pasteurizing doses, *Riso Rep.*, 1960, 16.
91. VAS K., FARKAS J. Conservation des jus par désionisation, irradiation et sulfitation, *Ann. Inst. Pasteur*, Lille, 1960, 11, 209.
92. VAS K. Effect of ionizing radiations on pectic enzymes, *Ist Int. Congr. Food Sci. Technol.*, 1962, Londres.
93. VIDAL P., GODARD A., ROUSSEL L. La conservation des denrées périssables par irradiation, *Onde electr.*, 1956, 36, 357, 1053-1055.
94. VIDAL P. L'application des radiations à la stérilisation et à la conservation. *Ind. Atom.*, 1957, 6, 33-46.
95. VIDAL P. Intérêt de l'irradiation des fruits et légumes pour les pays européens, *Réunion Européenne de la F. A. O.*, 1958, Harwell.
96. VIDAL P. Conservation des denrées alimentaires par les radiations ionisantes, *Bull. Inst. Agr. Gembloux*, 1960, 11, 786-807.
97. VIDAL P. Conservation des denrées périssables par radioexposition, *Mémoires Ing. Cid. Fr.*, 1961.
98. VIDAL P. Communication personnelle, 21 juillet 1962.
99. VILLAREAL. High velocity electron irradiation of tomato paste, *Food Techn.*, 1961, 15, 220.
100. WAGNER R. M. Radiation effects on fruits and vegetables, *Q. M. F. C. I., Inst. Rep.*, 1958, S-58.
101. DE ZEEUW D. Expériences sur la préservation des fruits frais par irradiation, *Irrad. Alim.*, 1961, 1, 3, 6-8.
102. ZELENNIN B. N., PAVLOVA G. L. Modifications organoleptiques et physicochimiques des aliments conservés par rayons γ , *Tezisy Dokl. 3 vsesoyuz. Konf. Prim. Radioaktiv Izotop.*, 1957, 188.
103. ZIEMBA J. V. Your ray way to better control, *Food Eng.*, 1959, 31, 5, 88-91.

ANNEXE.

Les articles suivants, dont nous donnons en quelques mots l'essentiel, sont parvenus à notre centre de documentation depuis la rédaction du texte de la conférence.

104. ANON. Radiation Preservation of fruits. *U. S. Army Q. M. Corps*, 1957, PB 151.493.
105. ANON. The effect of irradiation on vitamin. *Food Proc. Pack.*, jul. 1962, 31, 370, 261-262.
Enrichissement en vit. C des carottes traitées ; pas d'action sur les tomates.
106. ANON. Radiopasteurization of fruit. *Nucleonics*, janv. 1963, 21, 1, 58.
Présentation d'unités mobiles expérimentales.
107. ANON. Recherches en Belgique sur les fruits et légumes. *Bull. I. F. F.*, janv. 1963, 43, 1, 51.
Programme en cours.
108. ANON. Succhi di frutta conservati con radiazioni ionizzante, *Chimie Ind.* 1963, 45, 509.
Résultats de Kaindl à Seibelsdorf sur jus de raisin.
109. ANON. Recherches sur l'irradiation des fruits au laboratoire de Wantage. *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 19.
Résultats déjà exposés par Clarke sur cassis, pomme et poire.
110. BERTUZZI A. Azione degli atomi neutri rispetto agli atomi ionizzati. *Succhi di Frutta*, jan. 1963, 2, 4, 23.
Considérations théoriques.
111. BLINC M., BRANK I., NEMEC E. Expériences sur l'irradiation γ dans l'industrie alimentaire. *Nova Proizvodnja*, 1960, 11, 280.
112. BREGVADZE V. D. Conservation des jus de pomme par rayons γ et acide sorbique. *Konserv. Dvotsch. Prom.*, févr. 1963, 18, 2, 9-11.
Procédé mixte pour diminuer la dose nécessaire.
113. CHOPRA V. L. *et al.* Cytological effects observed in plant material grown on irradiated fruit juices. *Rad. Bot. USA*, 1963, 3, 1, 1-6.
Propriétés radiomimétiques du jus sur les plantes.
114. COOPER G. M., Salunkhe D. K. Effect of γ radiation, chemical and packaging, treatments on refrigerated life of strawberries and sweet cherries. *Food Technol.*, juin 1963, 17, 6, 123.
Comparaison des trois méthodes.
115. DHALISAL A. S., Salunkhe D. K. Ionizing radiation and packaging effects on respiratory behavior of peaches. *Rad. Bot.*, 1963, 3, 75-83.
Influence comparée des deux procédés sur l'activité de la pêche.
116. DUMONT H. Le projet de Seibersdorf. *Irrad. Alim.*, 1963, 3, 3, 1-2.
Traitement expérimental des jus de fruits.

117. EUKEL W. W., HUBER W. Researches on low dose irradiation of fresh foods. *Food Technol.*, 1960, 14, 4, 198.
Radiopasturisation.
118. FROUMKINE M. L. Rapidité de clarification et qualité du jus de raisin traité aux rayons γ . *Konserv. Ovocsh. Prom.*, sept. 1961, 16, 9, 8-13.
Essais des doses variant de 500 à 4 000 krep ; influence sur la clarification et le changement de couleur.
119. GOLDBLITH S. A. Food preservation by irradiation. *Food Eng.*, mai 1963, 35, 5, 49-52.
Actualités ; pas de références.
120. HAKAYAMA A., UMEDA K., SHIROISHI M. Preservation of some agricultural products by radiation. *Nosan Kako Gijutsu Kenkyu Kaishi*, 1961, 8, 48-51.
Essais sur mandarine : pas d'altérations ; sur kaki, une dose suffisante diminue l'astringence.
121. HATTON T. T. — Gamma radiation of mature mangoes. *Proc. Fla. Mango Forum*, jun. 1961, 15-17.
122. HERREGODS M., de PROOST M. L'effet de l'irradiation γ sur la conservation des fraises. *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 36-39.
Effets en particulier sur la vit. C, la couleur et la viscosité du jus ; intérêt du traitement à 250 000-500 000 rad.
123. HILLS P. R., PETLEY P. T., ROBERTS R. Olfactive changes in irradiated essential oils. *Perf. Ess. Oil Rec.*, 1961, 52, 413.
Amélioration possible des essences d'agrumes par irradiation γ ou électronique.
124. KAHAN R. S., AHARONI Y., LATTAR S. F. Mesures préliminaires de l'effet du 60 Co sur la vitesse de respiration des oranges Shamouti après la récolte. *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 23-26.
L'irradiation peut augmenter la vitesse de respiration, mais l'effet tend à décroître rapidement.
125. KHATIAHVILI S. M. Influence des radiations γ sur quelques fruits et conserves de fruits. *Trudy Inst., Fiz. Akad. Nauk Gruzin*, 1960, 7, 119.
126. KOVALSKAIA L. et al. Changements de couleur des conserves stérilisées par la chaleur et par les rayons γ . *Kons. Ovoc. Prom.*, 1961, 116, 12, 15-17.
Sur cassis, framboises, l'irradiation provoque une perte de couleur plus forte que la chaleur.
127. KUPRIANOFF J. Zur Problematik der Strahlenkonservierung von Lebensmitteln. *Atomkernenergie*, 1959, 4, 296-299.
Calculs de rentabilité.
128. MAC FARLANE J. J. The state of development of irradiated foods. *Food Techn. in Austr.*, mars 1963, 15, 3, 118-125 ; avril 1963, 15, 4, 210-221.
Article d'information.
129. MARTIN D. O., TICHENOV D. A. Effect of low dose irradiation and storage on acceptability of broccoli, sweet corn and strawberries. *Food Techn.*, nov. 1962, 16, 11, 96-100.
Influence sur la saveur contrôlée par la dégustation.
130. MATHEE F. N., MARAIS P. C. Conservation des aliments au moyen de rayonnement γ . *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 11-10.
Expériences sur pommes, raisins, pêches et jus de raisin en Afrique du Sud.
131. MATHUR P. B. Irradiation des fruits et légumes aux Indes. *Irrad. Alim.*, juil. 1962, 3, 1, 10.
Avec 12 krad. on conserve les mangues pendant 21 jours sans altérations, à température tropicale.
132. MATUHR P. B. Irradiation γ à basse dose des fruits frais. *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 27-29.
Prolongation de conservation des mangues, sapotilles, goyaves, tomates et limes, au moyen de doses allant de 5 à 30 krad. seulement.
133. METLITSKY L. V. Biochemical aspects of radiation methods of food storage. *Izv. Akad. Nauk SSSR*, 1962, 6, 869-884.
Discussion.
134. MIZUNO T., KIMPYO T. Changes in flavonoids induced by γ irradiation. *Nippon Kagaku Zosshi*, 1960, 81, 1143-1148.
- Expériences sur les quercétines et l'héspéridine en particulier.
135. MONRO J. Use of sterile males in controlling Queensland fruit fly. *Techn. Use of Rad.*, Atom. En. Com. Austr., 1960, 130.
Lutte contre les insectes prédateurs.
136. MOORE J. N. Effect of γ radiation on auxin levels of strawberry. *Dissert. Abst.*, 1961, 22, 1371.
Action sur la photoinduction pendant la croissance végétative et reproductive du fraisier.
137. MORTREUIL. Marquage des fourmis des ananas. *STI Publ.*, n° 38, I. A. E. C., 1962, p. 39.
D'après *Irrad. Alim.* d'avril 1962.
138. PIJANOWSKI E. Recherches sur la conservation des aliments par irradiation en Pologne. *Irrad. Alim.* jul. 3, 1962, 1, 2-5.
État des travaux en Pologne ; bibliographie.
139. ROMANI R. J. Irradiation of fruit and simultaneous measurement of respiration. *Natur*, fév. 1963, 197, 4866, p. 509.
Montage spécial, essai sur cerises, oranges et citrons.
140. RUBIN B. A. Principes biologiques de la conservation des fruits et légumes. *Vestn. An. U. R. S. S.*, 10, 48, 1954. *Transatom. Bull.*, 1962, 2, 112.
141. SAVARCOS G. D., HATZIPETROU L. P., GEORGIADOU E. Doses léthales d'irradiation γ pour les micro-organismes contaminant les fruits. *Irrad. Alim.*, jul. 1962, 3, 1, 6-9.
Expériences sur levures et champignons ; certaines espèces de levures résistent à 1 Mrép.
142. SAVARCOS G., MACRIS B. Pasteurization of Greek table grapes by γ radiations. Rep. RT-3, NRC Democritos, 1963.
Amélioration de la conservation prolongée du raisin.
143. SAVARCOS G., MACRIS B. Conservation par irradiation des raisins et de quelques autres fruits grecs. *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 20-22.
Prolongation de la durée commerciale des raisins frais, oranges et désinsectisation des figues sèches.
144. SCHWEISHEIMER W. Nährwerte in frischen und konservierten Obst und Gemüse. *Ind. Obst u. Gemüseverw.*, nov. 1961, 46, 22, 605-606.
Valeur nutritive des aliments irradiés ou non.
145. TAMBURINO S. M. Conservazione di arance mediante irradiazione. *Tecn. Agric.*, 1959, II, 631-635.
146. TOMANA M., SVABEREVSKY G. Influence des radiations ionisantes sur les raisins et sur les fraises. *Przemysl Potravin*, 1963, 14, 1, 43-45.
Les parties malades sont plus vite altérées après irradiation ; il vaut mieux utiliser des fruits très sains et encore durs.
148. TRUESEN T. A. Radiation pasteurization of fresh fruits and vegetables. *Food Techn.*, mars 1963, 17, 3, 100-103.
Contrôle de la qualité des fruits irradiés par des dégustations successives ; la framboise est améliorée.
149. TUCHSCHEERER T. Erfahrungen bei physikalischen und technologischen Untersuchungen an bestrahlten Fruchtsäften und Früchten. *Atompraxis*, déc. 1962, 8, 12.
Contrôle de la couleur des jus de raisin et de pêche.
150. TUCHSCHEERER T. Haltbarmachung von Fruchtsäften durch Bestrahlung. *Flussiges Obst.*, oct. 1963, 30, 10, 7-8.
Généralités et prix de revient selon les sources.
151. TUCHSCHEERER T. Charakteristika Hitze- u. Strahlungsbehandelter Traubensäfte. *Mitt. Ser. A., Rebe u. Wein*, 1963, 13, 71-80.
Comparaison entre les deux traitements de stabilisation.
152. VAN KOOT J. G., LANGERAK D. O. Preservation of soft fruits with the aid of ionizing radiations. *Hernenergie in Landbouw*, 1961, 2, 1.
153. VIDAL P. La radioexposition des tomates. *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 32-35.
Les tomates vertes ou tournantes voient leur maturité ralentie par les radiations ; c'est le contraire pour les tomates déjà rouges.

154. VIDAL P. Conservation des petits fruits par radiopasteurisation. *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 2-10.
Résumé de l'expérience de l'auteur sur le traitement des baies, fruits à noyaux, raisin et tomate.
155. WELLESZ T. Effet des radiations U-v sur la teneur en acide ascorbique des plantes. *Szeg. Pedag. Foiskola Evkonyve Nasodik Resz*, 1958, 149-154 : 1959, 75-80.
L'irradiation abaisse la teneur en acide ascorbique, sauf dans la tomate où elle l'élève.
156. WELLS C. E., TICHENOR D. A., MARTIN D. C. Ascorbic acid retention and color of strawberries as related to low level irradiation and storagetime. *Food Techn.*, jan. 1963, 17, 1, 77-80.
Évolution de la teneur en acide ascorbique dans les fraises dont la durée de conservation a été prolongée par l'irradiation.
157. WOLF J. Bestrahlung bei Äpfeln. *Flora*, 1961, 150, 2, 175-178.
158. De ZEEUW D. L'irradiation des fruits au Centre de Wageningen. *Irrad. Alim.*, juil. 1963, 4, 1, 30-31.
Traitements des surface, influence de la maturité, études de comestibilité.
159. AEBERSOLD P. S., SHEA K. G. U. S. Research Program on low dose radiation processing of foods. *Inst. J. Appl. Rad. Isot.*, jul. 1962, 13, 585-593.
Cite les travaux à entreprendre sur les fruits.



PUBLICATION DE L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHES FRUITIÈRES OUTRE-MER (IFAC)

Vient de paraître :

MALADIES A VIRUS DES AGRUMES

Analyses des publications de 1926 à 1962

Bibliographie établie par

l'Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer (IFAC)

Sous les auspices de

l'Organisation internationale des Virologistes des Agrumes (IOCV)

945 analyses - un index-matières - un index-auteurs

Prix : 50 francs.

I.F.A.C., 6, rue du Général-Clergerie, Paris, 16^e